

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-156488

(43)Date of publication of application : 31.05.2002

(51)Int.Cl. G21C 19/06  
F26B 21/14  
G21C 19/32  
G21F 9/36

(21)Application number : 2000-359474 (71)Applicant : HITACHI LTD

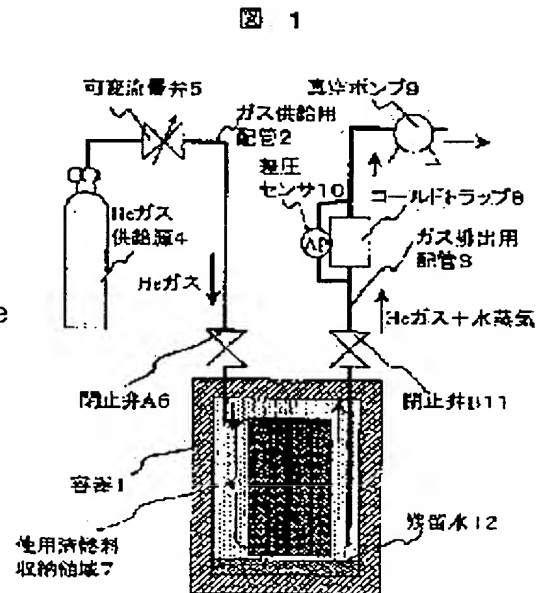
(22)Date of filing : 21.11.2000 (72)Inventor : ODA MASASHI  
SHIMIZU HITOSHI

## (54) DRYING METHOD FOR VESSEL AND DRYER

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To expedite draining of liquid remaining in a vessel containing radioactive heating solid out of the vessel by suppressing temperature rise of the radioactive heating solid.

**SOLUTION:** Helium gas supplied to the upper end of a spent fuel container vessel 1 containing spent fuel assemblies, is heated by the heat generating from the spent fuel assemblies. The heated helium gas heats water existing in the spent fuel container vessel 1 to steam. By driving a vacuum pump 9, the exhaust gas as a mixture gas of helium gas and steam in the spent fuel container vessel 1 is exhausted out of the spent fuel container vessel 1. Steam included in the exhaust gas is removed in a cold trap 8. Since water is heated by the helium gas heated by the heat generating from the spent fuel assemblies, exhaust capacity of steam can be increased and drying time in the spent fuel container vessel 1 is drastically shortened.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-156488

(P2002-156488A)

(43)公開日 平成14年5月31日(2002.5.31)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テームコード\*(参考)

G 2 1 C 19/06

F 2 6 B 21/14

3 L 1 1 3

F 2 6 B 21/14

G 2 1 C 19/32

W

G 2 1 C 19/32

G 2 1 F 9/36

5 4 1 A

G 2 1 F 9/36

5 4 1

G 2 1 C 19/06

S

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2000-359474(P2000-359474)

(22)出願日 平成12年11月21日(2000.11.21)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 小田 将史

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所電力・電機開発研究所内

(72)発明者 清水 仁

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所原子力事業部内

(74)代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

Fターム(参考) 3L113 AA01 AB10 AC28 AC45 AC46

AC50 AC67 BA01 CA09 CA10

CA11 CB19 DA10

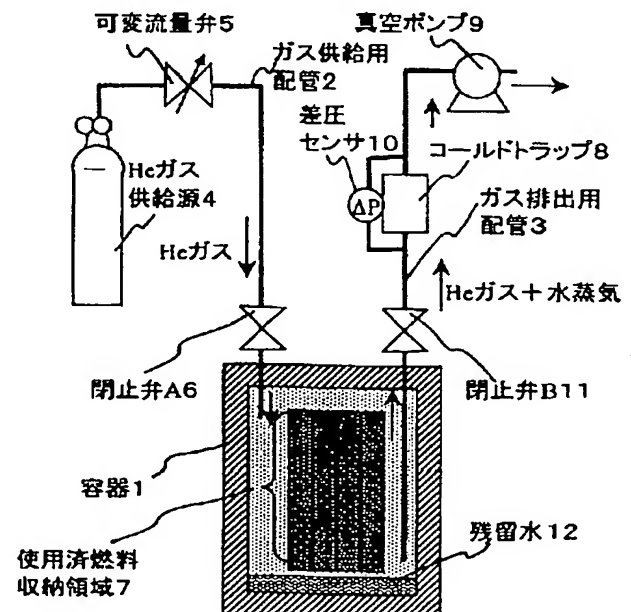
(54)【発明の名称】 容器の乾燥方法及びその乾燥装置

(57)【要約】

【課題】放射性発熱固体を収納する容器内に残留する液体の容器外への排出を、その放射性発熱固体の温度上昇を抑制して、早く行う。

【解決手段】使用済燃料集合体を収納する使用済燃料収納容器1内の上端部に供給されたヘリウムガスは、使用済燃料集合体から発生する熱で加熱される。加熱されたヘリウムガスは、使用済燃料収納容器1内に存在する水を加熱して水蒸気にする。真空ポンプ9の駆動によって、使用済燃料収納容器1内のヘリウムガス及び水蒸気の混合気体である排気ガスが、使用済燃料収納容器1外に排出される。排気ガスに含まれた水蒸気は、コールドトラップ8で除去される。使用済燃料集合体から発生する熱で加熱されたヘリウムガスで水を加熱するので、水蒸気の排気量を増加でき、使用済燃料収納容器1内の乾燥時間を著しく短縮できる。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】放射性発熱固体を収納する収納容器内の上端部にガスを供給し、このガスが前記放射性発熱固体から発生する熱で加熱されて前記収納容器内の底部に導かれ、加熱された前記ガスによって前記収納容器内に存在する液体を加熱し、液体の加熱によって発生した蒸気、及び前記収納容器内に供給された前記ガスを、前記収納容器内の底部から前記収納容器の外部に排出することを特徴とする容器の乾燥方法。

【請求項2】前記蒸気及び前記ガスの前記収納容器外への排出は、前記収納容器の外部に置かれ、前記ガスの前記収納容器への供給速度以上の排気速度を有するポンプにより、行われる請求項1の容器の乾燥方法。

【請求項3】前記ガスがヘリウムガスである請求項1または請求項2の容器の乾燥方法。

【請求項4】前記ガス、及び前記液体の蒸気が含まれて前記収納容器から排出された排気ガス中の前記蒸気の量が設定値以下になったときに、前記収納容器内への前記ガスの供給を停止する請求項1または請求項2の容器の乾燥方法。

【請求項5】前記ガス、及び前記液体の蒸気が含まれている前記排気ガスから前記蒸気を除去し、前記蒸気が除去された前記排気ガスを、前記収納容器内の乾燥作業時に前記収納容器内に供給する請求項1、請求項2及び請求項4のいずれかの容器の乾燥方法。

【請求項6】放射性発熱固体を収納する収納容器内の上端部にガスを供給するガス供給管と、前記収納容器の上端部から前記収納容器内を下方に向かって伸び、前記収納容器内の底部に開口する排気ガス排出管と、前記排気ガス排出管に設けられ、前記収納容器内に存在する液体の蒸気、及び前記ガスを含む排気ガスを前記収納容器内から吸引するポンプと、前記排気ガス排出管内を流れる前記排気ガスに含まれた液体の蒸気を検出する手段とを備えたことを特徴とする容器の乾燥装置。

【請求項7】前記排気ガス排出管に設けられ、前記排気ガス排出管内を流れる前記排気ガスに含まれる液体を除去する手段と、前記液体除去手段から排出された、前記ガスを含む前記排気ガスを前記収納容器内に導く手段とを備えた請求項7の容器の乾燥装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、容器の乾燥方法及びその乾燥装置に係り、特に、容器内に液体が存在し、かつ放射性発熱固体（例えば使用済燃料集合体または放射性廃棄物）が収納された容器内部を乾燥するのに好適な容器の乾燥方法及びその乾燥装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】使用済燃料集合体の乾式貯蔵においては、原子力発電所の燃料プールに保管されていた使用済燃料集合体を燃料プール内で使用済燃料収納容器内に収

納した後、その使用済燃料収納容器内に残留している液体、すなわち水を使用済燃料収納容器外に排出する。更に、使用済燃料収納容器内の水分量が予め定められた設定値以下となるまで、使用済燃料収納容器の内部が真空乾燥される。真空乾燥終了後に、不活性ガス（例えばヘリウムガス）が所定圧力まで使用済燃料収納容器内に充填され、この使用済燃料収納容器が所定の保管場所に貯蔵される。使用済燃料収納容器は、使用済燃料貯蔵容器でもある。

【0003】使用済燃料収納容器内部を真空乾燥する方法としては、使用済燃料収納容器に設けられた一ヶ所の開口部に真空ポンプを接続し、使用済燃料収納容器内を水の飽和水蒸気圧以下に減圧してその容器内に存在する残留水を蒸発させて除去する方法がある。しかしながら、この方法では、残留水への外部からの熱供給が不十分である場合には、残留水の蒸発時に奪われる気化熱により残留水の温度が低下し、残留水が使用済燃料収納容器内で凍結することがある。この場合、凍結した水の蒸気圧は残留水に比べて小さいため、凍結した水を蒸発させて使用済燃料収納容器外に排出するために長時間を要することになり、使用済燃料収納容器内の乾燥に要する時間が増加する。

【0004】使用済燃料収納容器内の真空乾燥に伴う残留水の凍結を防止する方法としては、特開平11-337693号公報に記載された使用済燃料収納容器の真空乾燥設備を用いる方法が知られている。この真空乾燥設備は、使用済燃料収納容器内の圧力が残留水の凍結する圧力まで低下したことを圧力制御器により検知した場合に、使用済燃料収納容器の外部で加温されたガスをその容器内に供給して使用済燃料収納容器内部を加熱し、残留水の凍結を防止するものである。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】特開平11-337693号公報記載の容器の乾燥方法は、使用済燃料収納容器内の圧力がその容器内の残留水が凍結する温度に対する飽和蒸気圧に近づいた（第1設定飽和蒸気圧4.6 トール）ときに、加温されたガス（数十℃）を使用済燃料収納容器内に供給する。加温されたガスが使用済燃料収納容器内に供給されたとき、使用済燃料収納容器内の残流水の温度は残留水が凍結する温度に近い低温状態にある。加温されたガスによってもその残流水の温度はあまり上昇しない。加温されたガスの供給によって使用済燃料収納容器内の飽和蒸気圧が第1設定飽和蒸気圧よりも高い第2設定飽和蒸気圧（5トールを超える値）になったときに加温されたガスの使用済燃料収納容器内への供給が停止されるため、使用済燃料収納容器内の残流水の温度はそれほど上昇しない。

【0006】加温されたガスからの熱供給によって水の蒸発速度を増大させるためには、使用済燃料収納容器に供給するガスの温度を上げればよい。しかしながら、そ

のガス温度の上昇は、使用済燃料収納容器内に格納された使用済燃料集合体を構成する燃料棒（具体的には内部の核燃料物質）からの除熱を阻害する危険性がある。

【0007】本発明の目的は、放射性発熱固体を収納する容器内に残留する液体の容器外への排出を、その放射性発熱固体の温度上昇を抑制しつつ、迅速に行うことができる容器の乾燥方法及びその乾燥装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成する本発明の特徴は、放射性発熱固体を収納する収納容器内の上端部に供給されたガスが、放射性発熱固体から発生する熱で加熱されて収納容器内の底部に導かれ、加熱された前記ガスによって収納容器内に存在する液体を加熱し、液体の加熱によって発生した蒸気、及び収納容器内に供給された前記ガスを、前記収納容器内の底部から前記収納容器の外部に排出することにある。

【0009】本発明の好ましい第1の実施形態の特徴は、前記蒸気及び前記ガスの前記収納容器外への排出は、前記収納容器の外部に置かれ、前記ガスの前記収納容器への供給速度以上の排気速度を有するポンプにより、行われることにある。好ましくは、前記ガスはヘリウムガスである。

【0010】本発明の好ましい第2の実施形態の特徴は、前記ガス、及び前記液体の蒸気が含まれて前記収納容器から排出された排気ガス中の前記蒸気の量が設定値以下になったときに、前記収納容器内への前記ガスの供給を停止することにある。

【0011】本発明の好ましい第3の実施形態の特徴は、前記ガス、及び前記液体の蒸気が含まれている前記排気ガスから前記蒸気を除去し、前記蒸気が除去された前記排気ガスを、前記収納容器内の乾燥作業時に前記収納容器内に供給することにある。

【0012】上記目的を達成する本発明の他の特徴は、放射性発熱固体を収納する収納容器内の上端部にガスを供給するガス供給管と、前記収納容器の上端部から前記収納容器内を下方に向かって伸び、前記収納容器内の底部に開口する排気ガス排出管と、前記排気ガス排出管に設けられ、前記収納容器内に存在する液体の蒸気、及び前記ガスを含む排気ガスを前記収納容器内から吸引するポンプと、前記排気ガス排出管内を流れる前記排気ガスに含まれた水分を検出する手段とを備えたことにある。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の好適な一実施例である容器の乾燥方法を以下に説明する。本実施例は、具体的には、放射性発熱固体である使用済燃料集合体を収納する使用済燃料収納容器内に残留する水を除去する容器の乾燥方法である。なお、本実施例は、使用済燃料集合体の替りに放射性廃棄物（例えば、核燃料再処理において発生するハル（燃料棒の被覆管を切断することによって生

じる筒状体、及びエンドピース（燃料集合体のタイプレート））を収納した放射性廃棄物収納容器内に残留する水を乾燥する場合にも適用可能であり、容器内に残留する液体が水のように温度の上昇と共に蒸気圧が大きくなる液体である場合に適用が可能である。

【0014】本実施例は、使用済燃料収納容器1の外部から使用済燃料収納容器1内に供給する気体としてヘリウムガスを使用する。本実施例に用いられる乾燥装置の構成を、図1を用いて説明する。使用済燃料収納容器1は上端に2ヶ所の開口部を有する。一方の開口部にはガス供給用配管2、他方の開口部にはガス排出用配管3が挿入される。ガス供給用配管2の開口は使用済燃料収納容器1内の上端部に位置する。ガス排出用配管3は使用済燃料収納容器1内を底部に向かって伸びており、ガス排出用配管3の開口は使用済燃料収納容器1の下端部（底部付近）に位置する。ヘリウムガス供給源4（例えばヘリウムガスボンベ）がガス供給用配管2に接続される。更に、ヘリウムガスの供給量を調節する可変流量弁5、及び乾燥終了時等に容器1内へのヘリウムガスの供給を遮断するための閉止弁A6が、ガス供給用配管2に設置される。閉止弁A6は可変流量弁5と使用済燃料収納容器1との間に設置される。ガス排出用配管3は、閉止弁B11及びコールドトラップ8を備え、真空ポンプ9に接続される。閉止弁B11はコールドトラップ8よりも使用済燃料収納容器1側に位置する。差圧センサ10は、コールドトラップ8と並列に配置され、コールドトラップ8の上流側と下流側における差圧を検出する。具体的には、差圧センサ10はコールドトラップ8の上流側と下流側でそれぞれガス排出用配管3に接続される。

【0015】原子炉から取り出された使用済燃料集合体は、原子炉建屋内に設けられた燃料貯蔵プール内で、所定期間の間、冷却されながら貯蔵される。燃料貯蔵プール内で所定期間貯蔵された使用済燃料集合体は、燃料貯蔵プール内で使用済燃料収納容器1内に収納される。使用済燃料収納容器1内の水は、使用済燃料収納容器1外に排出される。使用済燃料収納容器1内の残留水がほとんど除去された後、使用済燃料収納容器1は乾式使用済燃料貯蔵施設まで運搬され、貯蔵される。

【0016】使用済燃料収納容器1内の残留水を排出する本実施例の容器乾燥方法を、具体的に説明する。閉止弁A6を開く。ヘリウムガスが、ヘリウムガス供給源4からガス供給配管2を介して使用済燃料収納容器1内の上端部に供給される。ヘリウムガスの供給量は、可変流量弁5の開度を制御することにより調節される。使用済燃料収納容器1内に供給されたヘリウムガスは、ガス排出用配管3の開口が底部に位置するので、使用済燃料収納容器1内を下降してガス排出用配管3の開口に達する。本実施例において、ガス排出用配管3は蓋部を貫通して容器底部に伸びている。本構成は、使用済燃料収納

容器1内部の乾燥が終了して不活性ガスが充填され、ガス供給配管2とガス排出用配管3の開口部が閉止された後、両開口部を同時に覆うことができるカバーを容易に取り付けることができ、この両開口部からのリーク発生を簡便な構成で検知することを可能とする。しかしながら、本構成は使用済燃料収納容器1内部の乾燥の観点からは必ずしも必須の要件ではなく、ガス排出用配管3の開口部の一端が使用済燃料収納容器1の底面近傍にあれば、貫通部は使用済燃料収納容器1の側面や底面の任意の場所に置くことが可能である。

【0017】ヘリウムガスは、使用済燃料収納容器1内を下降するあいだに、複数の使用済燃料集合体が配置されている使用済燃料収納領域7を通過して使用済燃料収納容器1の底部に向かって流れる。ヘリウムガスは、使用済燃料収納領域7を通過する際に、使用済燃料集合体が発生する熱を直接受取って（あるいは使用済燃料収納容器1の構成部材を介して受取って）、温度が上昇する。換言すれば、使用済燃料集合体はヘリウムガスによって冷却される。使用済燃料集合体によって加熱されたヘリウムガスは、残留水12の存在する領域（例えば使用済燃料収納容器1底部）に到達する。このヘリウムガスの温度は、残留水12、及びその周辺にある容器構成部材の温度よりも高温になっている。このため、ヘリウムガスから残留水12へ、直接（または残留水12の周辺にある容器構成部材を介して）、熱が伝達される。ヘリウムガスから残留水12への入熱が大きくなるほど、残留水12の蒸発に伴う温度低下が抑制され、水蒸気の密度は高い状態に保たれる。一方で、残留水12への入熱量を増やすためにヘリウムガスの供給量を増加させると、使用済燃料収納容器1内の気相中に含まれる水蒸気が希釈されて水蒸気の密度が小さくなる。残留水12の減少速度（蒸発速度）は、真空ポンプ9による単位時間当たりの排気体積が使用済燃料収納容器1の内圧に依らず一定の場合には、水蒸気の密度が大きいほど高くなる。このため、使用済燃料収納容器1内の乾燥時間を短縮するには、これを満たすヘリウムガス供給条件を選定することが望ましい。その乾燥時間とは、使用済燃料収納容器1内に残留している水分が予め定められた設定値以下になるまでに経過する時間である。

【0018】本実施例では、コールドトラップ8の上流側と下流側でのガス排出用配管3の差圧を差圧センサ10により測定している。図2に示すように、差圧センサ10による差圧測定値からヘリウムガスの流量変動に伴う差圧の変化を差し引いた差圧が最大となるヘリウムガス流量条件で、使用済燃料収納容器1内の乾燥時間は最短となる。

【0019】閉止弁B11を開いた状態で、真空ポンプ9が駆動される。ガス排出用配管3の開口からガス排出用配管3内に流入した排気ガスは、ガス供給用配管2から供給されたヘリウム、及び残留水12が蒸発した水蒸

気を含んでいる。排気ガスは、コールドトラップ8に導かれて冷却される。排気ガスに含まれている水蒸気は、コールドトラップ8で凝縮されて除去される。真空ポンプ9は、ガス供給用配管2、使用済燃料収納容器1及びガス排出用配管3内における圧力損失を考慮した上で、少なくとも供給されるヘリウムガス流量よりも大きな排気能力を有するものを使用する。閉止弁B11は、使用済燃料収納容器1内の残留水12が除去された後に閉じられ、使用済燃料収納容器1を密封する。閉止弁A6及び閉止弁B11は、共に、使用済燃料収納容器1内の残留水12が除去されている間は「開」状態にある。

【0020】ガス排出用配管3内に排出されてコールドトラップ8を通過した排気ガスはヘリウムガスのみであるため、このヘリウムガスを回収する。回収されたヘリウムガスは、乾燥作業時において、ヘリウムガス供給源4よりガス供給用配管2を通して使用済燃料収納容器1内に供給する。これによって、ヘリウムガスを再利用することができ、ヘリウムガスの環境への排出を防止できる。すなわち、廃棄物の発生量を低減できる。特に、再利用されるヘリウムガスは、コールドトラップ8で水分が除去されているため水分を含んでいない。このため、そのヘリウムガスを使用済燃料収納容器1内に供給しても水分が使用済燃料収納容器1内に持ち込まれることはなく、使用済燃料収納容器1内の乾燥作業を阻害することはない。

【0021】本実施例は、ヘリウムガスを外部から使用済燃料収納容器1内に供給しているため、使用済燃料収納容器1内の領域にはヘリウムガス及び水蒸気（残留水12が蒸発）が混在している。ガス排出用配管3を通して使用済燃料収納容器1から外部に排出される排気ガスは、ヘリウムガスと水蒸気との混合ガスである。

【0022】使用済燃料収納容器1から排出される排気ガスの流出量が使用済燃料収納容器1内へのヘリウムガスの流入量に等しいと仮定したときには、使用済燃料収納容器1内における水蒸気の発生量に等しい容量のガスが使用済燃料収納容器1内に蓄積され、使用済燃料収納容器1内におけるガスの分圧が大きくなる。これは、排気ガスの単位排気量当たりに含まれる水蒸気量が減少することを意味し、使用済燃料収納容器1内からの水蒸気の除去速度は小さくなる。このため、上記の仮定した条件では、使用済燃料収納容器1からの残留水12の除去速度の向上は達成できなく、乾燥時間の短縮につながらない。

【0023】一方、本実施例のように、使用済燃料収納容器1内へのヘリウムガスの流入量に比べて排気ガスの排気量を大きくした場合（例えば、前述のように排気能力の大きな真空ポンプ9を使用）には、排気ガスの排気量とヘリウムガスの流入量との差分だけ水蒸気の使用済燃料収納容器1外へ排出されることになり、その分、使用済燃料収納容器1内の残留水12も早くなくなる。が

蒸発した液体成分が（気化して）除去されることになる。しかし、排気ガスの排気量が、ヘリウムガスの流入量と残留水12の最大蒸発量（残留水12への入熱量とその気化熱が平衡となる量）との和を上回る場合には、残留水への入熱量に対して大きな気化熱が奪われることになる。このため、残留水12の温度が低下して残留水12が凍結する恐れがある。従って、ヘリウムガスの流入量と残留水12の蒸発量（残留水12への入熱量と気化熱が平衡となる量）との和と、排気ガスの排気量とが釣り合うように、可変流量弁5の開度制御によるヘリウムガスの流入量の調節（または真空ポンプ9の制御による排気量の調節）を行うことが望ましい。

【0024】なお、ヘリウムガスの供給を停止した場合には、残留水12への入熱量からヘリウムガスの流入に伴う入熱量が除外されるため、残留水12を凍結させない条件（残留水への入熱量（＝気化熱）を満たす排気ガスの排気量は小さなものとなり、使用済燃料収納容器1内からの残留水12の除去速度はやはり小さくなる。以上の説明で用いた「排気量」は、質量流量で定義したものである。差圧を発生させることで排気を行う真空ポンプを用いた排気システムでは、ある圧力範囲内で体積流量が圧力に依らずほぼ一定となるため、質量流量は、使用済燃料収納容器1内及びガス排出用配管3内の圧力が高いほど大きくなる。従って、外部からヘリウムガスを供給し、このヘリウムガスを使用済燃料収納容器1内の使用済燃料集合体によって加熱し、加熱されたヘリウムガスによって使用済燃料収納容器1内の残留水12を加熱し、使用済燃料収納容器1内の圧力が（ある圧力範囲内で）大きくなるような場合でも、外部からガスを供給しない場合と同じ排気システムを用いて高い質量流量を得ることができる。一般に、揮発性の液体は温度の上昇とともに急激に蒸気圧が大きくなる（揮発しやすくなる）ことから、流入したガスが使用済燃料収納容器1内の使用済燃料集合体により加熱されることによって、使用済燃料収納容器1内の液体が加熱された場合には、使用済燃料収納容器1内の圧力が上昇して質量流量が大きくなる。この結果、使用済燃料収納容器1からの液体除去速度は大きくなる。

【0025】本実施例では、使用済燃料収納容器1内の乾燥作業終了後に、使用済燃料収納容器1内に乾燥作業に用いたヘリウムガスが供給される。このヘリウムガスの供給は、閉止弁B11を閉めた後、使用済燃料収納容器1内が設定圧力になるまで行われる。使用済燃料収納容器1内の圧力が、その設定圧力達した後、閉止弁A6を閉める。乾燥作業後において使用済燃料収納容器1内に充填されたヘリウムガスは、使用済燃料収納容器1を乾式使用済燃料貯蔵施設内での貯蔵中において、使用済燃料収納容器1内の使用済燃料集合体で発生する熱を使用済燃料収納容器1に効率良く伝える機能を有する。使用済燃料収納容器1に伝えられた熱は、使用済燃料収納

容器1の外部を流れる冷却空気によって冷却される。

【0026】本実施例では、乾燥作業時において使用済燃料収納容器1内に供給するガスとして他のガスに比べて高い熱伝導率を有するヘリウムガスを用いている。ヘリウム以外のガス（例えば窒素ガス及びアルゴンガス等）を使用した場合でも、残留水12の蒸発は促進される。

【0027】しかしながら、高い熱伝導率が高いガス（例えば、ヘリウムガス）を使用することによって、使用済燃料収納容器1の内部領域における高温部分（例えば使用済燃料収納領域7）をヘリウムガスが通過する際に、速やかに使用済燃料集合体からヘリウムガスへの熱移動が進み、ヘリウムガスから残留水12に伝わる熱量が増加する。更に、ヘリウムガス自身による残留水12への加熱効果が高いことに加え、ヘリウムガスを介して使用済燃料収納容器1内の構成材間の伝熱も促進される。これは、使用済燃料収納容器1の構成部材から残留水12に伝わる熱量を増加させる。以上述べた残留水12への入熱量の増加は、残留水12の蒸発を促進させ、使用済燃料収納容器1内の乾燥時間の短縮に貢献する。また、高温部から低温部への熱移動が促進されて高温部の温度（例えば燃料集合体の被覆管温度）の上昇が抑制される効果も生じる。

【0028】差圧センサ10の出力は、乾燥作業時間の経過に伴って図3のように変化する。使用済燃料収納容器1内に残留水12が存在している場合には、使用済燃料収納容器1からコールドトラップ8までの間のガス排出用配管3内は水蒸気とヘリウムガスの混合気体が流れる。また、コールドトラップ8で水蒸気が除去されるため、コールドトラップ8よりも下流側では、ガス排出用配管3内はヘリウムガスのみとなる。従って、使用済燃料収納容器1内にヘリウムガスを供給した時点では、差圧センサ10で計測された差圧の値は大きくなる。乾燥作業が進行して使用済燃料収納容器1内の残留水12がなくなると、ガス排出用配管3内の水蒸気濃度が小さくなる。コールドトラップ8での水蒸気の凝縮量が少なくなり、差圧センサ10で計測された差圧の値は小さくなる。このため、差圧センサ10による差圧の計測値が設定値以下になった時点（図3の乾燥終了点）で乾燥を終了する。差圧センサ10は排気ガスに含まれている水分を検出する水分検出手段である。本実施例は、差圧センサ10の計測値を用いるので、使用済燃料収納容器1内の残留水12がすべて蒸発し、乾燥が終了したことを容易にかつ確実に検知できる。

【0029】前述の特開平11-337693号公報では、使用済燃料収納容器の内部圧力を検出してヘリウムガスの供給開始及び供給停止を制御している。このような制御方法では使用済燃料収納容器内の水の凍結に伴う圧力の低下と使用済燃料収納容器内から水蒸気が除去されたことによる圧力の低下とを区別できない。しかし、



本実施例は、前述したように、差圧センサ10の出力で、乾燥終了時点を容易に判別できる。

【0030】本発明の他の実施例である容器の乾燥方法を、図4を用いて説明する。

【0031】図4は、本実施例に用いられる容器の乾燥装置の構成を示す。この乾燥装置は、図1に示す装置構成のうち差圧センサ10が2つの質量流量センサ13に置き換えられているだけであり、他の構成は図1の乾燥装置の構成と同じである。質量流量センサ13は、コールドトラップ8の上流側及び下流側において、ガス排出用配管3にそれぞれ取付けられている。

【0032】本実施例は、図1の実施例が差圧センサ10の計測値に基づいて乾燥終了時点を判断しているのに対して、2つの質量流量センサ13の計測値に基づいて判断する。すなわち、使用済燃料収納容器1内に残留水12が存在している場合には、コールドトラップ8よりも上流側のガス排出用配管3内を、水蒸気及びヘリウムガスを含む排気ガスが流れ、コールドトラップ8よりも下流側のガス排出用配管3内を、ヘリウムガスだけが流れる。使用済燃料収納容器1内に残留水12が存在してコールドトラップ8に流入する排気ガスがヘリウムガス及び水蒸気を含んでいる場合には、コールドトラップ8の上流側に位置する質量流量センサ13における質量流量の計測値とコールドトラップ8の下流側に位置する質量流量センサ13における質量流量の計測値とに大きな差が発生する。一方、使用済燃料収納容器1内に残留水12がなくなると、排ガス中の水蒸気濃度が小さくなってコールドトラップ8での水蒸気の凝縮量が少なくなるため、上記の上流側に位置する質量流量センサ13における質量流量の計測値と上記の下流側に位置する質量流量センサ13における質量流量の計測値と差が小さくなる。2つの質量流量センサ13での計測値の差が設定値（図5の乾燥終了点）以下になった時点で乾燥作業を終了する。

【0033】なお、供給されるヘリウムガス以外のガスが使用済燃料収納容器1内に流入していない場合には、供給されるヘリウムガスの流量とコールドトラップ8の下流側での流量が等しくなるので、コールドトラップ8の下流側で流量を測定する代わりに、供給されるヘリウムガスの流量を測定して用いてもよい。

【0034】本実施例においても、使用済燃料収納容器1内の水蒸気密度が最大となるヘリウムガス供給条件を見つかることもできる。この場合は、使用済燃料収納容器1内に残留水12が存在している状態で、ヘリウムガス供給量をパラメータとしてコールドトラップ8の上流側とその下流側での質量流量差を求め、その質量流量差が最大となる時点におけるヘリウムガス供給量を求める。このヘリウムガス供給量が、使用済燃料収納容器1内の水蒸気密度が最大、すなわち残留水12の蒸発速度が最大となる時点（図6参照）でのヘリウムガス供給量

となる。このとき、本実施例において乾燥時間が最も短くなる。

【0035】本発明の他の実施例である容器の乾燥方法を、図7を用いて説明する。

【0036】図7は、本実施例に用いられる容器の乾燥装置の構成を示す。この乾燥装置は、図1に示す装置構成のうち差圧センサ10が電力計14に置き換えられているだけであり、他の構成は図1の乾燥装置の構成と同じである。電力計14は、真空ポンプ9を駆動するモーターの消費電力を測定する。

【0037】使用済燃料収納容器1内に残留水12が存在している場合には、前述の各実施例で述べたように、排気ガスがヘリウムガス及び水蒸気を含んでいる。この場合には、上記モーターの消費電力が大きくなる。これに対して、使用済燃料収納容器1内の残留水12がなくなった場合には、排気ガス中の水蒸気密度が急速に低下するため、真空ポンプ9の負荷が小さくなり、上記モーターの消費電力が低下する。このような消費電力の変化は、電力計14によって計測された電力値に基づいて把握できる。その電力値が設定値（図8の乾燥終了点での電力値）になった時点で使用済燃料収納容器1内の乾燥を終了する。

【0038】本実施例においても、使用済燃料収納容器1内部の水蒸気密度が最大となるヘリウムガス供給条件を見つかることもできる。この場合は、使用済燃料収納容器1内に残留水12が存在している状態で、ヘリウムガス供給量をパラメータとして真空ポンプ9の負荷特性、すなわち真空ポンプ9を駆動するモーターの消費電力を電力計14によって測定する。この測定値から使用済燃料収納容器1内に残留水12が存在しない状態における上記モーターの消費電力の測定値を差し引いて得られる電力値が最大となる時点でのヘリウムガス供給量を求める。このヘリウムガス供給量が、使用済燃料収納容器1内の水蒸気密度が最大、すなわち残留水12の蒸発速度が最大となる時点（図9参照）でのヘリウムガス供給量となる。このとき、本実施例において乾燥時間が最も短くなる。

【0039】本発明の他の実施例である容器の乾燥方法を、図10を用いて説明する。図10は、本実施例に用いられる容器の乾燥装置の構成を示す。この乾燥装置は、図1に示す装置構成のうち差圧センサ10が水分センサ15に置き換えられているだけであり、他の構成は図1の乾燥装置の構成と同じである。水分センサ15は、コールドトラップ8よりも上流側でガス排出用配管3に設置され、コールドトラップ8に供給される排気ガス中の水分量を測定する。水分センサ15は、実質的に、排気ガス中の水蒸気量を測定する。

【0040】本実施例では、使用済燃料収納容器1内に残留水12が存在している場合には、使用済燃料収納容器1から排出された排気ガスに含まれる水蒸気濃度は概



ね一定濃度となる。使用済燃料収納容器1内の残留水12がなくなると水蒸気濃度が急激に低下する。水分センサ15により測定された排気ガスに含まれる水分量に着目することによって、使用済燃料収納容器1内の乾燥の終了時点が把握できる。すなわち、本実施例では、水分センサ15で計測された水分量（例えば水蒸気濃度）が設定値（図11の乾燥終了点における水分量の値）以下になった時点で使用済燃料収納容器1内の乾燥作業を終了する。

【0041】本実施例においても、使用済燃料収納容器1内の水蒸気密度が最大となるヘリウムガス供給条件を見つかることもできる。この場合は、使用済燃料収納容器1内に残留水12が存在している状態で、ヘリウムガス供給量をパラメータとして水分センサ15により使用済燃料収納容器1から排出される排気ガス中の水分量（水蒸気濃度）を測定する。この水分量が最大となる時点でのヘリウムガス供給量を求める。このヘリウムガス供給量が、使用済燃料収納容器1内の水蒸気密度が最大、すなわち残留水12の蒸発速度が最大となる時点（図12参照）でのヘリウムガス供給量となる。このとき、本実施例において乾燥時間が最も短くなる。

【0042】図4、図7及び図10に記載された各実施例は、図1に記載された実施例で得られる効果を得ることができる。

【0043】本発明の他の実施例である容器の乾燥方法を、図13を用いて説明する。図13は、本実施例に用いられる容器の乾燥装置の構成を示す。この乾燥装置は、図1に示す装置構成において真空ポンプ9の下流側でガス排出用配管3が貯留タンク16に接続される。貯留タンク16は、可変流量弁5の下流側でガス供給用配管2に接続される。これらの構成以外の部分での構成は、図1の乾燥装置の構成と同じである。

【0044】コールドトラップ8で水分が除去されてヘリウムのみになった排気ガスは、貯留タンク16に回収される。貯留タンク16内のヘリウムガスは、使用済燃料収納容器1内の乾燥作業時に、ガス供給用配管2を通して使用済燃料収納容器1内に供給される。本実施例は、ヘリウムガスの再利用が可能である。再利用されるヘリウムガスは、コールドトラップ8で水分が除去されているため水分を含んでいない。このため、そのヘリウムガスを使用済燃料収納容器1内に供給しても水分が使用済燃料収納容器1内に持ち込まれることはなく、使用済燃料収納容器1内の乾燥作業を阻害することはない。

【0045】

【発明の効果】本発明によれば、放射性発熱固体を収納する容器内に残留する液体の容器外への排出を、その放射性発熱固体の温度上昇を抑制して、早く行うことがで

きる。すなわち、放射性発熱固体を収納する容器内の乾燥に要する時間を短縮できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の好適な一実施例である容器の乾燥方法に用いられる使用済燃料収納容器の乾燥装置の構成図である。

【図2】図1の実施例におけるヘリウムガス供給量に対するコールドトラップの上流側と下流側との間の差圧の変化を示す特性図である。

【図3】図1の実施例における乾燥時間の経過に対するコールドトラップの上流側と下流側との間の差圧の変化を示す特性図である。

【図4】本発明の好適な他の実施例である容器の乾燥方法に用いられる使用済燃料収納容器の乾燥装置の構成図である。

【図5】図4の実施例における乾燥時間の経過に対するコールドトラップの上流側と下流側との間での質量流量の差の変化を示す特性図である。

【図6】図4の実施例におけるヘリウムガス供給量に対するコールドトラップの上流側と下流側との間での質量流量の差の変化を示す特性図である。

【図7】本発明の好適な他の実施例である容器の乾燥方法に用いられる使用済燃料収納容器の乾燥装置の構成図である。

【図8】図7の実施例における乾燥時間の経過に対する真空ポンプの駆動モーターでの消費電力の変化を示す特性図である。

【図9】図7の実施例におけるヘリウムガス供給量に対する真空ポンプの駆動モーターでの消費電力の変化を示す特性図である。

【図10】本発明の好適な他の実施例である容器の乾燥方法に用いられる使用済燃料収納容器の乾燥装置の構成図である。

【図11】図10の実施例における乾燥時間の経過に対する水分量の変化を示す特性図である。

【図12】図10の実施例におけるヘリウムガス供給量に対する水分量の変化を示す特性図である。

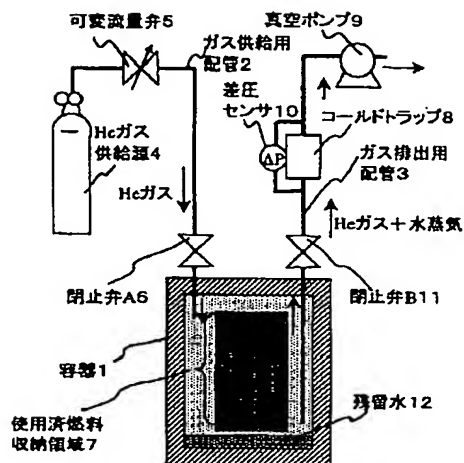
【図13】本発明の好適な他の実施例である容器の乾燥方法に用いられる使用済燃料収納容器の乾燥装置の構成図である。

【符号の説明】

1…容器、2…ガス供給用配管、3…ガス排出用配管、4…ヘリウムガス供給源、5…可変流量弁、6…閉止弁A、7…使用済燃料収納領域、8…コールドトラップ、9…真空ポンプ、10…差圧センサ、11…閉止弁B、12…残留水、13…質量流量センサ、14…電力計、15…水分センサ、16…貯留タンク。

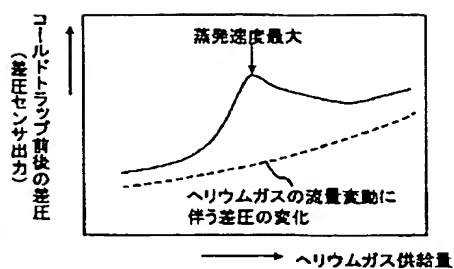
【図1】

図 1



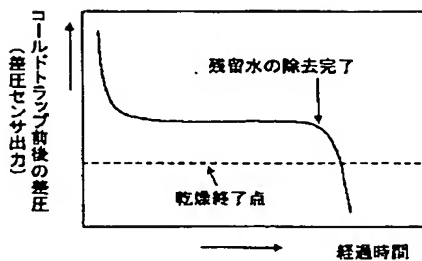
【図2】

図 2



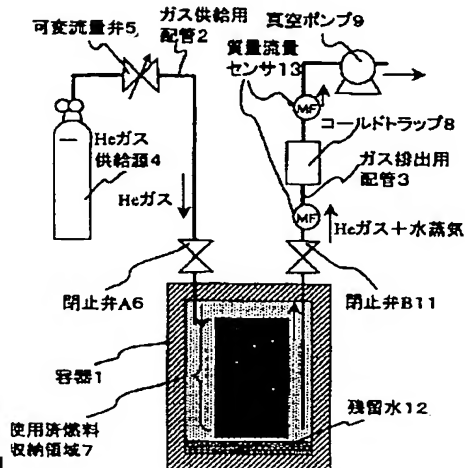
【図3】

図 3



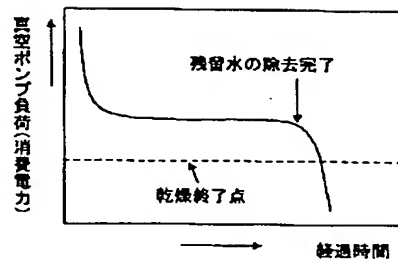
【図4】

図 4



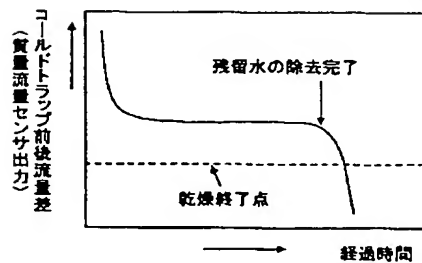
【図8】

図 8



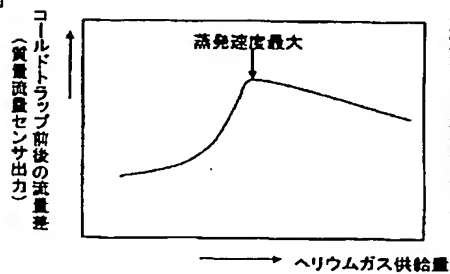
【図5】

図 5



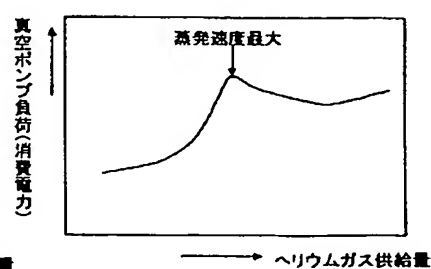
【図6】

図 6



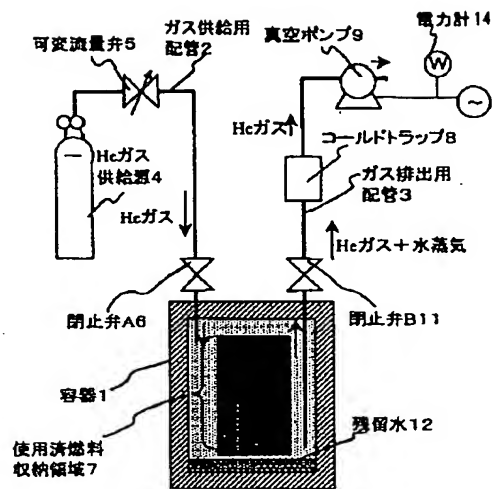
【図9】

図 9



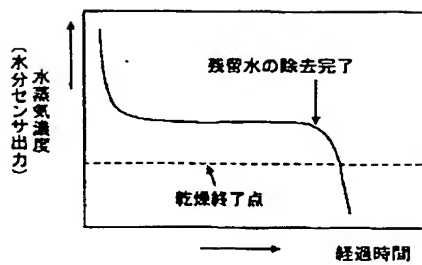
【図7】

図 7



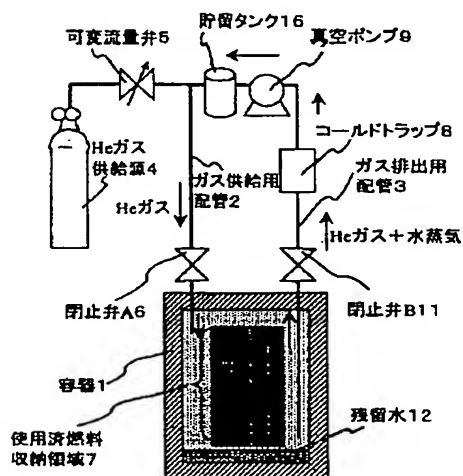
【図11】

図 11



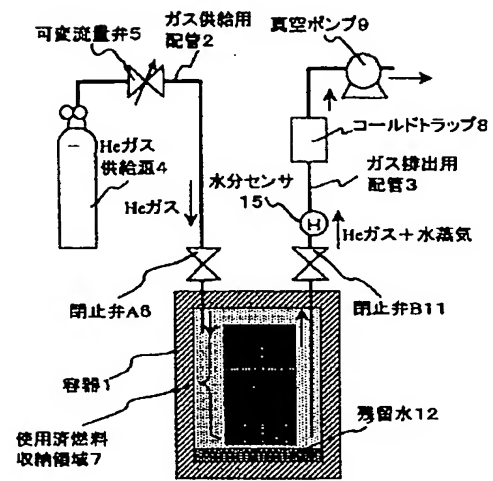
【図13】

図 13



【図10】

図 10



【図12】

図 12

